Dynamik von Klima und Pflanzendecke in Nordeuropa

Autor(en): **Regel, Constantin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich**

Band (Jahr): **- (1949)**

PDF erstellt am: **02.07.2019**

Persistenter Link: http://doi.org/10.5169/seals-377522

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sitz im Geobotanischen Forschungsinstitut Rübel, weiter arbeiten. Für die nächsten I.P.E.-Exkursionen wurden als Ziele genannt: Nordspanien und Portugal, die Ostalpen, die Alpen in einem Schnitt durch das ganze Gebirge von Osten nach Westen, Südfrankreich und die Westalpen oder die Pyrenäen, Island. Prof. St. A. Cain brachte aus Amerika die Einladung, wieder eine I.P.E. durch die Vereinigten Staaten von Nordamerika durchzuführen, speziell durch den östlichen Teil.

In den Vordergrund rückten schließlich eine I.P.E. durch Nordspanien und Portugal, die eine interessante Ergänzung zur I.P.E. durch Irland abgeben würde und eine I.P.E. durch die USA. Da die letztere für Besucher aus dem armen Europa sehr kostspielig wäre, soll der Versuch gemacht werden, von seiten der UNESCO eine finanzielle Mithilfe zu erlangen. Die Bedeutung der Veranstaltung, die auch in den wertvollen Veröffentlichungen ihren Ausdruck findet, rechtfertigt ein solches Gesuch. Als Zeit für die nächste I.P.E. wurde das Jahr 1952 in Aussicht genommen. Das permanente Komitee wurde beauftragt, die Sache weiter zu verfolgen.

Anschließend an die I.P.E. fand im Trinity College in Dublin vom 25. bis 28. Juli eine Palynologische Konferenz statt, die vom irischen Komitee für Quartärforschung einberufen war unter der Leitung von Prof. Mitchell, um Probleme der Quartärforschung in Nordwesteuropa und Zentraleuropa zu besprechen. Ein Tag wurde einer großen Exkursion im Küstengebiet Nordost-Irlands, von Dublin bis Dundalk, gewidmet. Die meisten I.P.E.-Botaniker nahmen an dieser sehr interessanten Tagung teil, die außerdem von irischen und englischen Quartärforschern besucht war. *W. Lüdi*

DYNAMIK VON KLIMA UND PFLANZENDECKE IN NORDEUROPA

Von Constantin Regel

Es unterliegt keinem Zweifel, daß das Studium der Pflanzendecke eines Landes und auch der ganzen Erdoberfläche, als einer statischen Erscheinung, einem mehr dynamischen Platz machen muß. Die Pflanzendecke ist dieser Betrachtungsweise zufolge nicht etwas Unver-

änderliches, sie läßt sich nicht nur mit statistischen Analysen, mit Konstanzbegriffen, Frequenz, Deckung, Charakterarten usw. fixieren, sie ist in ständiger Veränderung und Bewegung begriffen, sie ändert sich immerfort, und was wir heute statistisch erfaßt haben, ist morgen vielleicht nicht mehr vorhanden. Allerdings berücksichtigen die modernen Sukzessionsforscher die Veränderung der Zusammensetzung der Pflanzenvereine in der Richtung zu einem Klimaxverein hin, doch wird dieser als etwas Unveränderliches angesehen, während er in Wirklichkeit zusammen mit Boden und Klima ebenfalls Veränderungen unterworfen ist. Die sich seit etwa 1920 stark bemerkbar machende Klimaveränderung wirft ein neues Licht auf die Dynamik der Vegetationsdecke unseres Kontinentes. Die ihn streifenartig durchziehenden Klima-, Boden- und Vegetationszonen werden von zwei Prinzipien beherrscht. Das eine, das wir das Nord-Süd-Prinzip nennen wollen, bedingt durch das von Norden nach Süden hin wärmer werdende Klima, bewirkt die streifenförmige Anordnung von Norden nach Süden hin: die in die eigentliche Arktis und die Subarktis zerfallende Arktis, die boreale Zone oder die Zone der Nadelwälder, dann die Zone der Laubwälder, die wir, wie es z. B. Lazarenko (1939) und Oxner (1946) tun, die nemorale Zone nennen wollen, in der wir aber, im Gegensatz zu anderen Pflanzengeographen, im Süden eine trockenere Unterzone unterscheiden können. Diese letztere zerfällt in das im kontinentaleren Osten liegende Gebiet der Waldsteppe, von Schmid (1949) der *Pulsatilla*-Waldsteppengürtel genannt, und den im Westen liegenden, an das Gebiet des Mittelmeers grenzenden, von Schmid *Quercus-pubescens*-Gürtel genannten Teil. Weiter im Süden folgt die von uns Trockenzone, von Meusel submeridionale Zone genannte Zone. Wir wollen hier nicht weiter auf die Benennung dieser Landschaftszonen eingehen, wie sie von Sterner und Meusel oder aber von den russischen Wissenschaftlern, wie Berg u. a., entwickelt wurden, wir wollen nur darauf hinweisen, daß eine von Pflanzengeographen und Geographen allgemein anerkannte Benennung noch nicht vorhanden ist.

Das zweite Prinzip ist das west-östliche. Im Osten einer jeden Zone, mit Ausnahme der eigentlichen Arktis, ist es trockener, im Westen und im Fernen Osten, unter dem Einfluß des Ozeans, wird es feuchter. Die gegen den Atlantischen Ozean zugewandten Enden einer jeden Landschaftszone sind daher atlantisch angehaucht. Es gibt keine atlantische Provinz oder ein atlantisches Gebiet, es gibt nur atlantische Provinzen

oder Gebiete der einzelnen Landschaftszonen. Im Gegensatz zu diesen stehen die kontinentalen Teile der Landschaftszonen. Das Gebiet der Waldsteppe ist nichts anderes als der kontinentale Teil der südlichen Hälfte der Zone der Laubwälder. Das Gebiet der Steppe ist der östliche, kontinentale Teil der Trockenzone, das Mediterrangebiet hingegen der westliche, atlantisch angehauchte Teil dieser Zone. Doch werden wir diese Fragen an anderer Stelle eingehender untersuchen.

Eine jede Klimaänderung ruft eine Verschiebung der Landschaftszonen hervor. Wenn die Jahresmittel fallen, rücken die Zonen nach Süden hin und schieben sich, da sie hier auf die Gebirge stoßen, auf diese hinauf. Wird es aber wärmer, steigen die Jahresmittel, so verschieben sich die Landschaftszonen nach Norden hin. Eine jede Klimaerwärmung ist aber mit größerer Trockenheit verbunden, so daß damit auch eine Verschiebung des kontinentaleren Teiles der entsprechenden Zone nach Westen hin erfolgt. Ein kälteres Klima ist zugleich auch feuchter, die ozeanisch angehauchten Endteile der Zonen verschieben sich hierbei nach Osten, und stoßen sie dabei auf ein Gebirge, so gehen sie dieses hinauf, da es in der Höhe feuchter ist als in der Ebene. So sehen wir im Osten die Buchenwälder in der sogenannten Wolkenwaldstufe des Balkans, aber auch des Apennins und der östlichen Karpaten. In allen diesen Fällen der Verschiebung der Landschaftszonen bleiben Relikte der ursprünglichen Vegetationsdecke zurück, z. B. die Buchenwälder des Oxya in Mittelgriechenland als solche eines feuchteren Klimas, die *Sphagnum*-Moore inmitten der eigentlichen Arktis, wie z. B. bei Matotschkin Schar auf Nowaja Semlja als Überrest der subarktischen Tundravereine, die sich einst bis weit nach Norden hin erstreckten oder *Sphagnum*-Moore in der *Stipa*-Steppe (Rusanow, 1948).

Die Verschiebung der Landschaftszonen bei einem Klimawechsel ist jedenfalls dort am augenscheinlichsten, wo ein scharfer Wechsel in der Vegetationsdecke zu beobachten ist, wie z. B. an der Grenze zwischen Wald und Tundra und an der Grenze zwischen Wald und Steppe. Schon eine ganz geringe Änderung in dem hier herrschenden labilen Gleichgewicht, wie sie durch eine Klimaschwankung hervorgerufen wird, kann eine deutliche Veränderung in der Pflanzendecke hervorrufen.

Daß es in der Postglazialzeit größere Klimaschwankungen gegeben hat, wissen wir aus den Ergebnissen der Pollenanalyse, daß aber jetzt eine solche, und zwar eine Klimaerwärmung, eingetreten ist, ist aus

zahlreichen Anzeichen, darunter auch aus Veränderungen in der Vegetationsdecke an der polaren Waldgrenze ersichtlich (siehe Regel, 1949). Tichomirow weist in einer 1938 erschienenen Arbeit nach, daß das Jahresmittel in Malyja Karmakuly auf Nowaja Semlja von 1876 bis 1919 –5,8° C betrug, in den 15 Jahren von 1920 bis 1935 jedoch –4,6°, also war es um 1,2° C gestiegen. Das Jahr 1920 wurde als Wendepunkt in der Klimaübersicht aus dem Grunde gewählt, weil um dieses Jahr herum die Anzeichen der Klimaschwankung besonders scharf hervortreten. Zum Vergleich kann angegeben werden, daß in Alten in Nordnorwegen das Jahresmittel für die Periode 1876 bis 1919 0,6° beträgt, das für die Jahre 1920 bis 1935 jedoch 1,6°. Die Erwärmung beträgt hier also 1°. In Vardö sind die betreffenden Zahlen 0,74°, 1,6° und 0,86°. Ähnliche Zahlen erhalten wir auch für die anderen Stationen in Nordeuropa, allerdings für andere Beobachtungsreihen, besonders stark ist aber die Erwärmung auf Spitzbergen, wo Weickmann (1942) folgende Abweichungen vom 15jährigen Mittel 1912 bis 1926 der Wintermonate (November bis März) errechnete: 1911 bis 1920 –2,3°, 1920 bis 1930 +2,7° und 1930 bis 1940 +6,6°.

Neben den Angaben der meteorologischen Stationen gibt es noch zahlreiche andere Anzeichen einer Klimaerwärmung, die um das Jahr 1920 besonders stark hervortreten, wie z. B. die starke Erwärmung der arktischen Gewässer in den letzten Jahrzehnten, die günstigeren Eisverhältnisse, infolge derer die Schiffahrt im Eismeer noch dort möglich ist, wo sie früher durch Eismassen behindert wurde. Siehe die Angaben bei Regel (1949) und bei Weickmann (1942), das Auftreten merkwürdiger Hümpel z. B. auf Taimyr, wo sie früher nicht waren und deren Entstehung an schmelzenden Schnee und an Erosionsprozesse gebunden ist, der Rückgang der Gletscher in der Arktis, wie z. B. auf Grönland und in der Arktis der Rückgang des Bodeneises, z. B. bei Mesen u. a. Dann gibt es auch Anzeichen aus der Tierwelt, die auf eine Klimaverbesserung schließen lassen. Dazu gehört z. B. das Auftreten des Dorsches an der Westküste Grönlands und im Karischen Meere (Wagner, 1940; Dubrowski, 1941), oder aber von Belone im Weißen Meere, die früher im Atlantischen Ozean nie östlich des Nordkaps vorkam und deren Verbreitung nach Osten hin bis vor kurzem durch das kalte Barentsmeer verhindert wurde (Tambowtzew, 1949). Schließlich weist Kalela (1946, 1947, 1949) auf einen Zusammenhang zwischen der Verbreitung anspruchsvoller wärmeliebender Vögel und

der neuerlichen Klimavorerwärmung hin. Dann gibt es, und dies ist für uns das Entscheidendste, Veränderungen in der Vegetationsdecke, nämlich das Vordringen des Waldes in die Tundra hinein, das von verschiedenen Forschern sowohl in Europa als auch in Asien und in Nordamerika beobachtet wurde. Zahlreiche Forscher, wie Schrenck (1854), Middendorff (1864), Tanfiljew (1911), Pohle (1903), Kuznetzow (1916) vertraten die Ansicht, daß sich die polare Waldgrenze von der Tundra nach Süden hin verschiebt. Nur über die Gründe dieses Zurückweichens der Waldgrenze sind die Meinungen geteilt. Verfasser, der kurz vor dem Beginn der neuerlichen Klimaerwärmung in den Jahren 1911 bis 1913 die polare Waldgrenze auf der Halbinsel Kola bereiste, hatte nur ein Zurückweichen der Waldgrenze unter dem Einfluß der natürlichen Versumpfung der an der Waldgrenze vorbereiteten Wälder beobachtet (Regel, 1941). In Norwegen beobachteten u. a. Juul (1925) und in Nordfinnland Hjelt (1888) das Zurückweichen der Kiefer. Diesen älteren Berichten stehen die neueren Beobachter entgegen, die, wie Grigorjew (1946) in der Großlandtundra, Aario (1940, 1941) und Blüthgen (1942, 1943) in Finnisch-Lappland, Tulina (1936) im Gebiete des Anadyr im Fernen Osten, Griggs (1934) in Alaska u. a. ein Vorrücken des Waldes in die Tundra, also den entgegengesetzten Vorgang beobachteten.

Wenn also vor kurzem die Tundra auf den Wald vorrückte, also eine Verschiebung der Landschaftszonen von Norden nach Süden vor sich ging, so mußte sich diese Verschiebung auch in anderen Landschaftszonen bemerkbar machen. In Litauen, das schon in der Laubwaldzone drin liegt, ließ sich, wenigstens bis vor kurzem, ein Eindringen der Fichtenwälder in die Laubwälder und die Kiefernwälder beobachten, die Laubwaldzone oder nemorale Zone befand sich hier in einer Abwehrstellung gegen das Vordringen der borealen oder Nadelwaldzone nach Süden hin, die wohl schon vor langer Zeit begonnen hatte. Das reichliche Vorkommen von Hainwaldpflanzen in den Nadelwäldern von Mittelrußland, wie z. B. bei Moskau, wird von den russischen Botanikern als ein Überrest der Zeit des Vorherrschens der Laubwälder gedeutet und im Osten, im Gebiet der Kama, weist Korshinski auf das Vorrücken der Nadelwälder nach Süden hin. Nur ist hier diese Verschiebung der Landschaftszonen nicht so deutlich wie im Norden, an der polaren Waldgrenze. Weiter im Süden, an der Grenze zwischen Steppe und Wald, würde sie ebenfalls deutlich sein, wenn nicht die Fläche

der Steppe durch den Menschen mittels Rodung des Waldes vergrößert und aller kulturfähige Boden in Acker umgewandelt worden wäre.

Eine Klimaverbesserung muß sich an der polaren Waldgrenze auf folgende Weise auswirken. Die Podzolierungsprozesse werden begünstigt, und es werden die in der Arktis vorherrschenden Bodenprozesse zurückgedrängt werden. Zu diesen letzteren gehören vor allem einmal die Fließ- oder Polygonböden, die für die eigentliche Arktis überaus charakteristisch sind und hier schon am Meeresniveau vorkommen. In der Subarktis begegnen wir ihnen, wenn auch unweit des Meeresniveaus, nur an wenigen Stellen, z. B. in einer besonderen Form mit Zwergsträuchern (Regel, 1941). Neben den Podzolierungsprozessen, die auch in der Subarktis, wenn auch in bedeutend weniger intensiver Form, vorkommen als in der Zone der Wälder, sind es Ansammlungen von Torf und von Rohhumus, die in der Subarktis und im nördlichen Teile der Nadelwaldzone verbreitet sind und die der eigentlichen Arktis fehlen. Jedenfalls kommen hier die *Sphagna* nicht mehr vor, die schon jenseits der polaren Waldgrenze allmählich verschwinden, und die Ansammlungen von Trockenhumus sowie die Aapa- und Hümpelmoore sind nicht mehr vorhanden. Bei einer Klimaverbesserung, die eine Intensivierung des Wuchses der Moose und höheren Pflanzen begünstigt, wird naturgemäß die Torfschicht mächtiger werden, und es werden Torf- und Rohhumusböden dort entstehen, wo es solche bis jetzt nicht gegeben hat.

Was die Vegetation anbelangt, so besitzen wir einige Angaben, die das Vorrücken der Waldgrenze in die Tundra hinein als Folge der Klimaverbesserung bestätigen. Aario (1941) berichtet, daß sich in Petsamo Birkenjungwuchs an solchen Stellen ausbreitet, an denen die Birkenbestände schon seit Jahrhunderten verschwunden waren. Was die sich südlich der Birkenzone erstreckende Zone der Nadelwälder anbelangt, so fehlen hier nach Aario die etwa 100 Jahre alten Kiefern vollständig, da in den betreffenden Jahren keine Verjüngung eingetreten war. Die jüngeren Altersklassen sind hingegen verhältnismäßig reichlich vertreten. Die Kronen der Fichten lassen erkennen, daß sie in den letzten Jahren verhältnismäßig gut gewachsen sind, aber die vorausgegangenen Zeiten haben an ihnen Anzeichen einer ungünstigen Entwicklung hinterlassen. Auch Hustich (1940, 1948) weist auf ein wärmeres Klima in Lappland in der letzten Zeit hin, besonders seit 1917 sei es für den Baumwuchs günstiger geworden, und weiter im Süden

habe es die Tendenz, kontinentaler zu werden, und Auer (1941) spricht von einer zunehmenden polaren Trockenheit. Hustich, Aario (1940, 1941), Blüthgen (1938, 1942) und Söyrinki (1938) weisen auf das Vorkommen von jungen Kiefernpflanzen auch jenseits der polaren Waldgrenze in der Tundra, auch auf den Gebirgen treten oberhalb der alpinen Waldgrenze Kiefernsämlinge auf. Blüthgen (1943) weist auf eigene Beobachtungen und solche norwegischer Fachleute hin, die eine auffallende Ausbreitung gerade des Kiefernjungwuchses ergeben, bei dem es sich meist um Exemplare von höchstens 1 m Höhe, meist jedoch noch weniger handelt, die z. T. nicht nur wenige Kilometer von der bisherigen Kieferngrenze entfernt wuchsen, sondern auch weiter in der Tundra auftraten. Die Birke breitet sich weniger stark aus, am wenigsten die Fichte, die sogar benachteiligt zu sein scheint.

Was uns hier vor allem interessiert, ist, daß die Baumgrenze in einem gewissen säkulären Rhythmus vor und zurückzupendeln scheint, und zwar nicht für alle beteiligten Baumarten in gleicher Phase (Blüthgen, 1942). So sehen wir, daß in der gegenwärtigen Klimaverbesserung vor allem die Kiefer nach Norden vordringt, häufig steht sie im Norden bis zu 300 m über ihrer bisherigen Grenze gegen die Birkenregion und noch 100 m über dieser. Theoretisch sollte die die Nadelwaldzone gegen die Tundra hin umsäumende Birkenwaldzone zusammen mit den Kiefern nach Norden hin vorrücken, in Wirklichkeit aber wird sie von der Kiefer überholt. Was die Fichte anbelangt, so ist von ihr in der Literatur kaum die Rede, sie scheint von der Klimaverbesserung trotz des hin und wieder beobachteten günstigeren Längenwachstums (Aario, Hustich) nicht zu profitieren. Diese auffallende Tatsache läßt sich nur dadurch erklären, daß eine Klimaerwärmung, d. h. eine Verschiebung der Landschaftszonen nach Norden hin die von dem eingangs erwähnten Nord-Süd-Prinzip beherrscht wird, gleichzeitig auch eine Verschiebung der unter dem Einfluß des west-östlichen Prinzipes stehenden Ozeanität und Kontinentalität bedingt. Das bei der Erwärmung trockener werdende Klima wird auch kontinentaler, und diese Kontinentalität verschiebt sich auf Kosten der Ozeanität nach Westen hin. Damit wird auch der die Entwicklung des Birkengürtels an der polaren Waldgrenze begünstigende ozeanische Einfluß abgeschwächt. Als Ergebnis davon läßt sich die schon erwähnte erhöhte Vitalität der Kiefer bei der Klimaerwärmung erklären, so daß wir, wenn die letztere andauern sollte, vor der Tatsache eines Verschwindens dieses Gürtels

stehen würden. Was die Fichte anbelangt, so tritt diese ebenfalls unter dem Einfluß der erhöhten Kontinentalität zurück. Dazu kommt das verschiedene Verhalten der einzelnen Holzarten Spät- und Frühfrösten gegenüber, die bessere Holzreife der Kiefer bei wärmerem Klima usw., worüber u. a. Kihlman (1890), Blüthgen (1943) u. a. berichten.

Das bis vor kurzem beobachtete Vordringen der Fichte im Norden und Nordwesten der Nadelwaldzone und in der Nordgrenze der Zone der Laubwälder, und die Ausbildung eines Birkenwaldgürtels an der polaren Waldgrenze hat einem Vordringen der Kiefer und einem augenscheinlichen Zurücktreten der Fichte Platz gemacht. Wir scheinen einer Kiefernzeit entgegenzugehen. Dieses Vordringen der Fichte in die Kiefernwälder und in die Laubwälder ließ sich noch vor kurzem in Litauen beobachten. Das jetzt häufige Vorkommen von Eichenjungwuchs, z. B. in Kiefernwäldern auf Sandböden (Regel, 1944), ist vielleicht als eine Folge erhöhter Vitalität dieses Baumes beim Beginn eines trockeneren und wärmeren Klimas aufzufassen. Hierher gehören auch die Beobachtungen von Erkamo (1945) über die auffallende Verjüngung der Edellaubbäume in Südfinnland, die von einer rasch nach Norden gerichteten Verschiebung der Nordgrenze der Laubwaldzone zeugt.

Wenden wir uns dem äußersten Osten von Asien, dem Gebiete von Anadyr zu, in dem Tulina (1936) ebenfalls ein Vordringen des Waldes in die Tundra beobachtete. Die aus *Larix daurica* bestehenden Wälder werden gegen das Meer hin an den höheren Stellen von Birkenwäldern abgelöst, Laubhölzer schieben sich längs des Flußtales weit in die Tundra hinein. Augenblicklich läßt sich am Anadyr ein Vorrücken des Waldes in die Tundra beobachten, die Lärchen dringen auf den Alluvionen unter die Laubhölzer hinein, stellenweise läßt sich auch Jungwuchs in der offenen Bergtundra, d. h. oberhalb der alpinen Waldgrenze beobachten. Bis vor kurzem wies jedoch die polare Waldgrenze alle Merkmale einer Regression auf oder aber eines Stillstandes (Grigorjew, 1924), in einer weiter zurückliegenden Epoche aber waren die Wälder im Bassin des Anadyr weit verbreitet und reichten möglicherweise bis an die Küste der Tschuktschenhalbinsel. Das jetzige Klima weist hier hingegen alle Merkmale einer stärkeren Kontinentalität auf.

Die Wälder an der polaren Waldgrenze charakterisieren sich vor allem durch eine äußerst schwache Entwicklung des Jungwuchses (siehe auch Regel, 1941; Opsahl, 1934). Dieser ist immer gleichen Alters,

es fehlen die verschiedenen Altersklassen, wie es in weiter südlich gelegenen Gegenden der Fall ist.

Den reichsten Jungwuchs findet man in den zwergstrauchreichen Pflanzenvereinen mit *Vaccinium Myrtillus*, *Empetrum nigrum*, *Calluna vulgaris* u. a., den geringsten jedoch dort, wo in großer Menge Flechten vorkommen. Diese schwache Entwicklung des Jungwuchses in den Wäldern an der polaren Waldgrenze oder dessen Fehlen und die höchst unregelmäßige Verbreitung lassen sich nur mit Hilfe der Samenjahre erklären, die von Renvall (1912) an der Kiefer im nördlichen Finnland festgestellt wurden, die jedoch auch bei anderen Bäumen vorkommen. Renvall fand, daß an der Polargrenze des Waldes die Kiefer nur alle 100 Jahre einmal Samen trägt, die keimfähig sind, doch nicht weit von der Waldgrenze treten Samenjahre schon alle 10 bis 20 Jahre auf. Auch „ohne Mitwirkung allgemein klimatischer Veränderungen nach an und für sich nicht vernichtenden äußeren Eingriffen" kann eine „dauernde Depression der Waldgrenze der Kiefer eintreten".

Aber auch bei der Fichte scheint ähnliches vorzuliegen. Jedenfalls haben Kujala (1927), Kihlman (1890), Grigorjew (1924), Regel (1941) bei der Fichte in den nordischen Wäldern eine äußerst schwache Besamung festgestellt, und Nekrasowa (1948) weist darauf hin, daß auf der Halbinsel Kola die Samenjahre nur alle 6 bis 7 Jahre auftreten und in der Zwischenzeit der Ertrag an Samen so gering ist, daß er unberücksichtigt bleiben kann. Da jedoch die Anzahl der Zapfen im Vergleich zu der in südlicheren Gegenden nur eine ganz geringe ist, die Zapfen sich infolge der großen Luftfeuchtigkeit nur wenig öffnen und dazu stark mit Harz verklebt sind und in samenreichen Jahren verschiedene Schädlinge bis zu drei Viertel des Ertrages vernichten, so erreichen im Norden nur wenige Samen den Boden, gegen mehrere Millionen im Süden. Aber auch von diesen keimt nur die Hälfte, so daß nach Berechnung der Verfasserin nur 100–150 Samen auf einen Hektar entfallen, ein Betrag, der für die natürliche Verjüngung des Waldes viel zu gering ist.

Eine Erhöhung der Jahrestemperatur, wie wir sie jetzt in der Subarktis beobachten, wird vor allem die Samenreife der Bäume sowie auch der Sträucher und Zwergsträucher beeinflussen. Bei der Kiefer treten die Samenjahre nicht mehr alle 100 Jahre einmal auf, sondern alle 10 bis 20 Jahre. Hustich kommt zum überraschenden Ergebnis, daß in Petsamo (Lappland) die Kiefern in den letzten 20 Jahren zwei-

bis dreimal Samen reiften, und Aario, Bathen (1935) und Blüthgen (1942) weisen ebenfalls auf eine mehrmalige Verjüngung in den letzten Jahrzehnten hin, alles dort, wo Renvall ein Samenjahr in 100 Jahren festgestellt hatte. Ähnliches hinsichtlich der Samenjahre wird auch bei anderen Baumarten der Fall sein, worauf auch Soczawa (1941) hinweist. Jedenfalls muß sich Jungwuchs dort einstellen, wo ein solcher bis jetzt fehlte, und dieser Jungwuchs wird, falls die Erwärmung längere Zeit andauern sollte, verschiedene Jahresklassen aufweisen, so wie man sie auch in den Wäldern südlicherer Breiten beobachten kann. Auch die an der polaren Waldgrenze wachsenden Zwerg- und Spaliersträucher werden in höherem Maße als es bis jetzt der Fall ist, Samen bringen, wodurch die Zusammensetzung der Feldschicht der an der Waldgrenze vorkommenden Pflanzenvereine beeinflußt wird. Zugleich muß auch eine Besamung der längs der Waldgrenze verbreiteten Tundraflächen einsetzen, und damit wird auch die Waldgrenze weiter nach Norden vorrücken. Doch hängt dies alles von der Dauer der wärmeren Klimaperiode ab. Hält sie lange an, so wird der Wald bis an die Nordgrenze der Subarktis vorrücken und die polare Waldgrenze wird dort verlaufen, wo sie sich einmal früher befand. Nach Meinung von Tichomirow (1941) verlief im osteuropäischen Sektor der Subarktis die Südgrenze dieser Zone, die ja an die Waldgrenze stößt, einst um 2 bis 2,5 Breitengrade weiter nördlich, in West- und Ost-Sibirien betrug diese Verschiebung 1 bis 2 Breitengrade mehr. Jedenfalls weist die Zusammensetzung der Vegetationsdecke der Subarktis einen so hohen Prozentsatz von borealen Elementen auf, daß man von der Subarktis als von „Wäldern ohne Bäume“ sprechen kann. Ein Rest aus dieser wärmeren Klimaperiode ist vielleicht das schon erwähnte Sphagnum-Moor auf Nowaja Semlja. Ähnliches sehen wir auch auf den Gebirgen in Lappland, wo Kiefernstubben weit oberhalb der jetzigen alpinen Waldgrenze gefunden wurden, wie es z. B. Anufrijew (1920), B. Czeczott (1925) vom Chibiny-Gebirge berichten und wie es auch im nördlichen Norwegen der Fall ist (Jenssen, 1936) und im Nord-Ural (siehe Regel, 1949).

Doch müssen wir uns den verschiedenen Angaben gegenüber den Klimaschwankungen kritisch verhalten. Denn wenn noch 1910 Lagerberg von einer Klimaverschlechterung in den letzten 200 Jahren sprach, so stimmt dies nicht für die Gegenwart, in der wir von einer Klimaverbesserung sprechen müssen. Doch ist es durchaus nicht un-

möglich, daß es außer den säkulären Schwankungen der Baumgrenze noch kurzfristige kleine gibt, die im engen Baumgrenzenbereich verbleiben. Sie sind ein Ausdruck der periodischen oder episodischen (Blüthgen, 1942) Reproduktion in den einzelnen Samenjahren bei gleichbleibender Durchschnittstemperatur. Davon zeugen auch die subfossilen Funde außerhalb der jetzigen polaren Waldgrenze.

Um welche Vereine es sich an der polaren Waldgrenze handelt, in denen sich die Klimaschwankungen vor allem bemerkbar machen, ersieht man aus den Angaben in der Literatur. Waldinseln sind öfters beschrieben worden, so von Pohle (1903, 1908), Schrenck (1848–1854), Andrejew (1900), Ramsay und Poppius (1903–1904), Tanfiljew (1911), Suslow (1935), Sambuk (1932), Regel (1923, 1927, 1928, 1941). Es sind lichte Birken-Nadelwälder mit Flechten. Dazu kommen noch die gewöhnlichen Zwergsträucher hinzu. Die gleichen Arten finden wir auch auf den unbewaldeten trockenen Böden der Tundra, soweit diese nicht von den Vereinen der Moore bedeckt sind. Die gleiche Vegetation wie die der Waldinseln weist auch der geschlossene Wald auf, nur daß mit zunehmender Dichte des Baumbestandes die Zwergsträucher zunehmen, die Flechten jedoch abnehmen. Diese zunehmende Dichte der Wälder wird durch die bei einer Klimaverbesserung häufiger werdenden Samenjahre gefördert.

Doch nicht nur auf den trockenen, mit Wald bewachsenen Böden macht sich die Klimaverbesserung bemerkbar, sie läßt sich auch auf den Mooren, die im Norden sowohl in der Zone der Tundra als auch in der der Wälder weitverbreitet sind, verfolgen. So weist Aario (1941) darauf hin, daß einige Weißmoortypen, auf denen durch starke Regelation eine Vernichtung der Moosdecke eingetreten ist, wodurch moosfreie rimpiartige Typen entstanden sind, wieder mit Torfmoosen bewachsen. Auf den *Eriophorum-vaginatum-* und auf den *Scirpus-caespitosus*-Weißmooren mit torfschlammiger Oberfläche breitet sich *Sphagnum compactum* aus. Andere rimpiartige Weißmoortypen bedecken sich u. a. mit *Sphagnum Lindbergii* und die Braunmoore wiederum mit Braunmoosen. Auf den Reisermooren, auf denen häufig die torfbildenden Moose von den Flechten zurückgedrängt werden, dringt wieder *Sphagnum fuscum* vor. In der Verlandungszone der Wasserbecken setzt nach der Regelationsperiode eine erneute Zunahme der Verlandungserscheinungen ein. Der gleichmäßig diffuse Rand des Wasserseggenbestandes, reichlicher submerser *Drepanocladus*

fluitans und *Menyanthes* bezeugen, so sagt Aario, die gegenwärtige Schwäche der Regelation. Das wärmere Klima begünstigt den Wuchs der in den Mooren der Tundra in ihrer Entwicklung gehemmten *Sphagna*. An Stelle der Tundramoore mit ihren aus *Dicrana* und *Sphagna* bestehenden Assoziationen, die sich schließlich mit Krustenflechten überziehen, entstehen Moore, die den Aapamooren des Waldgebietes nahestehen. Auch die Sphagna der Hümpelmoore, die unweit der polaren Waldgrenze verbreitet sind (siehe die Karte bei Regel, 1941) und die sowohl in der Zone der Wälder als auch in der Tundra vorkommen und deren Oberfläche mit dem *Dicranietum elongati*, den *Ochrolechietun tartareae* u. a. bedeckt ist, erwachen zum neuen Leben. Die Klimaverbesserung ist nicht nur auf den Mooren an der polaren Waldgrenze, sondern auch weiter im Süden bemerkbar, wie aus der Darstellung von Brandt (1948) ersichtlich ist, demzufolge an der Küste des Bottnischen Meerbusens südlich von Vasa eine Invasion der *Sphagna* zu beobachten ist, als Zeugnis für das Austrocknen der wäßrigen Weißmoore. Die gegenwärtige Entwicklung wird durch eine zur Abtrocknung führende Entwicklung gekennzeichnet, und ein Klimatyp, der vom heutigen abweicht, bestimmte bis noch vor kurzem die Richtung der Entwicklung der Moore.

Der Wechsel zwischen einer kälteren und einer wärmeren Klimaperiode bewirkt eine Durchdringung der verschiedensten Elemente in der Pflanzendecke. Nur eine dynamische Betrachtung ist imstande, diese Mischung zu erklären, wie z. B. das Zusammentreffen von borealen und arktischen Elementen in der Zone der Arktis, das Vorkommen von borealen Elementen der Nadelwälder zusammen mit den hainartigen der Zone der Laubwälder, wie wir solches in den Grenzgegenden zwischen diesen Zonen beobachten können und wie es auch in vielen Vereinen in Litauen der Fall ist. Die jetzige Klimaveränderung wirft ein weiteres Licht auf die Bedeutung der dynamischen Betrachtung der Pflanzendecke für das Verstehen der Zusammensetzung und Entstehung der Pflanzendecke eines Landes.

Literatur

Die im Text angeführte Literatur ist in meiner Arbeit „Klimaänderung und Vegetationsentwicklung im eurasiatischen Norden“ angegeben. Hier bringe ich nur die in genanntem Aufsatz nicht erwähnten Arbeiten.

Aario, L., Die Pollenverhältnisse der Vegetationsregionen von Petsamo und die Entwicklung der finnischen Wälder am Ende der Eiszeit. Terra **52** Helsinki 1940. Finnisch, mit deutscher Zusammenfassung.

Bathen, R., Våra polare furuskoger. Tidsskrift for Skogsbruk. Oslo 1935.
Blüthgen, J., Die polare Waldgrenze in Lappland. Veröffentl. Deutsch. Wissenschaftl. Institutes Kopenhagen, Reihe I Arktis Nr. 10 Berlin-Zehlendorf 1942.
Blüthgen, J., Zur Dynamik der polaren Waldgrenze in Lappland. Forsch. und Fortschritte **19** 1943.
Erkamo, Kasvibiologisten havaintojen todisteet ilmastomme viimeaikaisesta muutumisesta. Luonnon Ystävä **49** Helsinki 1945 (nach Kalela 1946).
Hjelt, H., Conspectus Florae Fennicae. I. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica. I–III. Helsingfors 1888.
Hustich, I., Vier kleinere Aufsätze in Memoranda pro Fauna et Flora Fenn. **17** Helsinki 1942.
Jenssen, J., Skogsforholdene i Troms. Tidsskr. for Skogsbruk **33** Oslo 1925.
Juul, J. G., Furuens utbredelse i Finnmark og Troms. Tidsskr. for Skogsbruk **33** Oslo 1925.
Kalela, O., Zur Ausbreitungsgeschichte der Vögel vegetationsreicher Seen. Ann. Acad. Scient. Fennica. Series A. IV. Biologica **12** Helsinki 1946.
Kalela, O., Zur Charakteristik der neuzeitlichen Veränderungen in der Vogelfauna Mittel- und Nordeuropas. Ornus Fennica **23** Nr. 3 Helsinki 1947.
Kalela, O., Changes in Geographic Ranges in the Aviofauna of Northern and Central Europe in Relation to Recent Changes in Climate. Birding Banding **20** No. 2 1949.
Lagerberg, T., Några anteckningar om skogsbildande träd ved Torneträsk Skogsv. för Tidskrift 1910.
Lazarenko, A. S., Relikty w brioflore Sowietskogo Dalnego Wostoka. Sbornik W. L. Komarow 1939. (Relikte der Bryoflora des Fernen Ostens der UdSSR Festschrift W. L. Komarow.) (Russisch.)
Opsahl, W., Våra polare furuskoger. Tidsskr. for Skogsbruk **42** Oslo 1934.
Oxner, A. N., Nemoral elements in the lichenologic flora in the Arctic region of the USSR. Mater. History and Vegetation of the USSR **2** Moscow 1946. (Russisch.)
Regel, C., Die Vegetation der Sandböden bei Kauen. Botan. Archiv **45** 3–5, Leipzig 1944.
Regel, C., Klimaänderung und Vegetationsentwicklung im eurasiatischen Norden. Österreich. Botan. Zeitschr. **96** 1949 (369–398).
Schmid, E., Prinzipien der natürlichen Gliederung der Vegetation des Mediterrangebietes. Berichte Schweiz. Botan. Gesellsch. **59** Bern 1949.
Tambowtzew, B., Obyknowennaja belona w Belom More. Priroda **38** Nr. 10 Moskau 1949. (Russisch.)
Weickmann, L., Veröffentl. Deutsch. Wissenschaftl. Institutes Kopenhagen, Reihe I Arktis Nr. 1 Berlin-Zehlendorf 1942.

ZUR VEGETATIONSANALYSE NUMIDISCHER EICHENWÄLDER

Von *Emil Schmid*, Zürich

Die Schlußexkursion eines Kurses für Vegetationsanalyse wurde im April 1949 in die numidischen Eichenwälder (Djebel Edough und